

Z X K W T D C S

中学课外天地丛书 00 生物系列 00

神奇的遗传工程

SHANXI EDUCATION PRESS

刘植义 朱正歌 刘一婷



山西教育出版社

Z X K W T D C S

中学课外天地丛书 ● 生物系列 ●

神奇的遗传工程



刘一婷 朱正歌 刘植义

山西教育出版社

社 长 任兆文
总 编 辑 左执中
责任编辑 姚霭如
装帧设计 易 一
版式设计 荷 屏

中学课外天地丛书·生物系列

神奇的遗传工程

刘植义 朱正歌 刘一婷

*

山西教育出版社出版(太原并州北路 69 号)

新华书店经销 山西晋财印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/32 印张:3.25 字数:66千字

1996年7月第1版 1996年7月山西第1次印刷

印数:1—3000册

*

ISBN 7—5440—0887—8
G·888 定价:3.50元

前 言

有一个科学珍闻你可曾听说过？生物学家想让一棵植株，地下部分长土豆，地上部分结西红柿，经过努力，现在已取得了突破性进展。你可曾听说过，培育成功了“超级老鼠”，它长得比亲代大一倍。由此科学家们幻想让猪长得同牛一样大，并且叫它只长瘦肉！我国的科学家已经能叫泥鳅快速生长，比平常要快3—4倍。还有许多新鲜奇特的事呢，比如“生物导弹”，当人体某个部位产生了病变（如癌变），“生物导弹”就像长了眼睛一样，带着应该使用的药物，到这些部位去治病。还有“试管婴儿”，“试管植物”等等。带给我们这种种新奇事物的，叫生物工程。我们这本书就是专门向大家介绍这种神奇工程的，你们一定会喜欢的。

作 者

绪论 神奇工程的诞生

自古以来，人们就有一种愿望：不仅要利用自然界现有的生物为人类服务；还要改造生物，更好地为人类服务。由此，逐渐发展了育种的科学技术，驯化和饲养野生的动物，栽培植物，使它们变为家养动植物，进而改良动植物，培育新品种。现今农业上通过人工选择、杂交育种和诱变育种等多种途径培育了许多形形色色的新品种。像生活在树林中野生的印度原鸡，每年只产卵 10 个左右，经过人工驯化成家鸡以后，现在育成的良种鸡每年可产卵 300 多个；野牛每年产乳量不超过 600 公升，而优良乳牛年产乳量可达 15000 公升。野生小麦一个麦穗只结 10 多粒种子，栽培小麦的良种，一个麦穗有的可以结 160 多粒种子。你看，人类通过劳动的创造力有多大呀！但是这还不够，还不能满足人类的要求。人们总想：建筑师设计了许多宏伟壮观的高楼大厦；工程师研究了各种新型机械；科学家研制了多种功能的“机器人”，它们可以开机器、做家务、担任警卫、持械格斗，甚至有的不仅能演算、还能记忆、能翻译文字……它们的本领真令人惊叹，使人神往。如今，天上飞行的各式各样的飞机、导弹、人造卫星、航天飞机；地上奔驰的汽车、火车、无轨电车、坦克车；水上航行的各种轮船、汽艇、军舰，都是人工设计制造的。人不愧为“万物之灵”。只要有了人，什么人间奇迹都能创造出来。可是，从古到今，人工制造的东西，都只限于

“死物”，还不能人工制造“生物”，像动物、植物、微生物等等。有的科学家曾大胆设想：我们能不能像建筑师、工程师那样，设计制造人们所需要的生物呢？

有人说，人工制造生物，这不是异想天开的幻想吗？当然，幻想不是科学，但是科学需要幻想。我国古代曾有“嫦娥奔月”的神话故事，国外也有专门描写“月球旅行”之类的著作。1969年7月20日人类乘宇宙飞船登上了月球，使幻想变成了活生生的现实。那么，人类能不能创造新的生物呢？20世纪70年代新兴的遗传工程，对这个问题做了肯定的回答。

20世纪初，现代遗传学诞生以后，科学家们一直在想，生物体内专门负责遗传的物质，它们是什么？历经50年艰苦卓绝的研究，特别是本世纪三四十年代，一批物理学家、化学家转向研究复杂的生命本质，使生物学与物理学和化学等学科日益紧密地结合起来，在这种情况下，才逐渐弄清了什么是遗传物质。1953年有两个青年科学家沃森和克里克发现了遗传物质的高级结构，开辟了分子遗传学的新时期。随后，科学家们相继发现了遗传密码，找到了生命本质的物理、化学基础，从分子水平上，揭示了生命遗传现象的奥秘，令人信服地阐明了遗传物质是如何起作用的。由于在基本理论上取得了重大突破，从而使我们可以分子这一级水平上加工遗传物质，转移遗传物质。在这个基础上，才有可能像其他工程技术那样，按照事先设计的方案，开始尝试用人工的方法来制造一种新类型的“生物”。这就是从20世纪70年代发展起来的遗传工程。生物的遗传物质是由许多基因组成的。基因是遗传物质的最小单位。遗传工程也叫基因工程，它是按

照人们预先设计的生物蓝图，通过对遗传物质（基因）的直接操纵，重建，实现对生物性状的定向改造。这也就是说，把遗传物质（基因）从一种生物细胞中提取出来，在体外实行“外科手术”，然后再把它导入另一种生物的细胞中，改变其遗传结构，使之产生符合人类需要的新遗传特性，定向的创造新生物类型。由于它采用了对遗传物质（基因）的体外施工，极其类似工程设计那样的预见性、精确性与严密性，因此，就把它叫做遗传工程。遗传工程就是人工创造新型“生物”的工程。它的出现，把遗传学推向一个更高的阶段，把育种工作提高到一个更高的水平。

遗传工程一出现，像一朵绽蕾的鲜花，立刻散发出诱人的芳香，展现出光辉的前景。不少科学家预言，到了21世纪，遗传学和遗传工程将成为自然科学领域的主角。世界上有不少报刊指出，20世纪70年代最伟大的两项科学成就是大规模集成电路和遗传工程。前者对人类生产、生活产生巨大影响；后者将改变人类生活的本来面目。你看！遗传工程可以按照遗传变异的规律，设计和实施改造生物的方案，不断地创造优质高产的新品种；遗传工程可以用人工合成遗传密码的办法，培养和大量生产激素和珍贵药物，维护亿万人民的身体健康；遗传工程可以用工程技术来“校正”先天性的遗传病，探索癌症的奥秘，使癌细胞“改邪归正”。遗传工程还可以变废为宝，防止污染，改善环境，为人类造福。遗传工程就是这样—一个充满了幻想和创造的神话般的工程。

我们要了解遗传工程，揭开它的种种奥秘，就得先了解它的来龙去脉，掌握有关的遗传学知识。这是打开遗传工程大门的金钥匙。下面我们先介绍有关分子遗传学的基础知识。

目 录

绪论 神奇工程的诞生

一 分子基石	(1)
(一) 基因“元件”	(1)
(二) 遗传物质	(3)
(三) 绷带上的奇妙物质	(7)
(四) 精巧的结构	(9)
(五) 伟大的发现	(10)
(六) 靠分子传宗接代	(16)
(七) 高超的本领	(19)
(八) 遗传密码	(24)
(九) 调节与控制	(27)
(十) 变异的起因	(29)
二 一颗“明珠”	(32)
(一) 基因“搬家”	(33)
(二) 三大“法宝”	(33)
(三) 施工“四步曲”	(38)
(四) 首战告捷	(44)
(五) 初显锋芒	(47)

三 又一奇葩	(64)
(一) 分身之术	(65)
(二) 奇妙的无性繁殖	(69)
(三) 特技表演	(72)
(四) 花粉育种	(76)
(五) 细胞杂交	(80)
(六) “生物导弹”	(85)
(七) 育种的新篇章	(88)

结语：前程似锦



分子基石

我们常说：“种瓜得瓜，种豆得豆”，“什么葫芦结什么瓢，什么种子长什么苗”。这就是遗传的现象。为什么会产生子女像父母、子代像亲代的遗传现象？遗传的奥秘在哪里？自古以来，有种种说法，直至今日，随着近代遗传学的发展，从宏观到微观，才逐渐从分子水平上揭开了帷幕。

（一）基因“元件”

生物，无论是飞禽走兽，还是花草树木，包括人在内，多是通过有性生殖繁衍后代。父母亲结合产生子代，子代又产生孙代，子子孙孙繁衍不已。那么，父母亲这一代将什么东西传给下一代？其实，前后代唯一的联系“桥梁”是生殖细胞，也

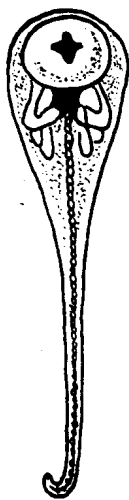


图1 17世纪欧洲科学家所画的人的精子

就是说，是精子和卵细胞。于是有人便在生殖细胞里大做文章，有一派叫“预成论”，胡说什么在生殖细胞里上帝预先放了一个小人，在发育过程中，这个小人越长越大（见图1）。显然，这是不科学的，是唯心主义神创论的说教。其实，通过显微镜的观察，在生殖细胞里看不到眼、耳、鼻、舌、身、根、茎、叶、花、果。说明生物的具体性状是不直接遗传的。那么，究竟父母把什么东西传给子女，使子女长大后像父母呢？

通过遗传学的研究，上代传给下代的并不是各种器官本身，而是一种能控制性状表现的遗传物质——基因，它们存在于性细胞和体细胞里。基因是负责性状遗传的基本单位。例如，动物的毛色，白毛有白毛基因，黑毛有黑毛基因；植物的花色、种子的形状，甚至人的种种性状都有各种不同的基因。父母亲就是通过性细胞将一套遗传物质传给后代，使后代在个体发育过程中，由于基因的控制而表现出与亲代相似的性状（图2）。

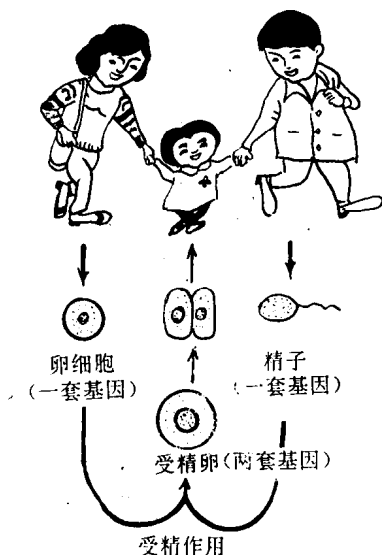


图2 父母亲一代将遗传基因传给后代

既然基因负责生物性状的遗传，那么，基因在细胞的什么地方？通过研究知道，主要在细胞核里的染色体中。每种

生物都有不同形状和数目的染色体（图3）。如人的染色体有46条、鸡有78条、猪有38条、小麦42条、玉米20条……它们在生物的传种接代中是比较稳定的。染色体像一列火车一样载有许多“乘客”，这些“乘客”就是基因。因此，染色体在遗传上具有重要的作用。目前，科学家可以对染色体进行各种各样的“手术”。使某种生

物的染色体进行添加、更改或置换，达到改造生物的目的。这也就是近代发展起来的染色体工程。

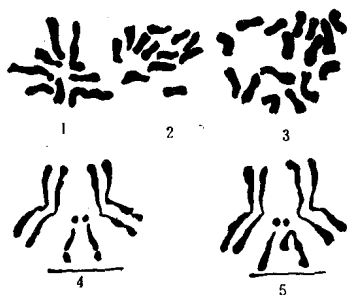


图3 几种动植物的染色体

1. 还阳参 2. 蚕豆 3. 洋葱
4. 雌性果蝇 5. 雄性果蝇

（二）遗传物质

基因负责性状的遗传，它们存在于细胞核的染色体中，那么基因是由什么物质组成的？这个问题的解决很不简单，经历了一条艰难曲折的道路。科学家们通过对染色体化学成分的分析，了解到染色体是由蛋白质和核酸组成的。究竟谁是组成基因的物质成分呢？

从很早的时候起，人们就知道蛋白质在生命活动中的重要作用。构成生物体的组成成分当中，大部分是各种各样的蛋白质，特别是生命活动中新陈代谢的过程都需要一种特殊的蛋白质——酶的催化作用。调节生命活动的许多激素也是

蛋白质。难怪伟大的导师恩格斯曾说：没有蛋白质就没有生命。于是，在探索遗传奥秘的进程中，很自然地便把寻找遗传物质的目光，首先投向了蛋白质。蛋白质也真像遗传物质，你看！蛋白质是由许多氨基酸分子相互连接而成的高分子化合物，它像一列很长的火车，由许多车厢组成，每一节车厢

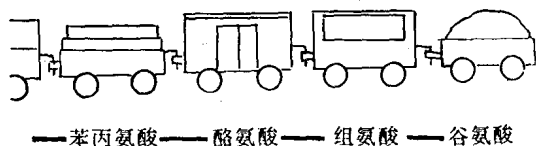


图 4 由各种氨基酸组成蛋白质的示意图

就可以看作是一个氨基酸分子（图 4）。由于组成每种蛋白质分子的氨基酸种类不同，数目成千上万，排列的顺序变化多端，空间结构也千差万别，因此，蛋白质结构是多种多样的，正好说明由蛋白质构成生物的多样性。但是，非常遗憾，经过多方研究证明，蛋白质不能“复制”，不能由蛋白质产生相同的蛋白质，不符合遗传物质能传种接代的基本条件，于是想确定蛋白质是遗传物质的尝试失败了。后来，这个长期令人困惑不解的问题，终于在小小的微生物的帮助下解决了。科学家借助于对细菌和病毒的研究，终于揭示了其中的奥秘。原来，核酸是生物的遗传物质，是基因的组成成分。

大家都知道，世界上最简单的生命莫过于病毒了。它们是寄生在细胞里面的一种“寄生虫”。有一种病毒叫 T₄ 噬菌体，是一种专门吃细菌的病毒，样子很像蝌蚪，但比蝌蚪小得多，是肉眼看不见的，只有在放大几万倍的电子显微镜下，

才能见到它的真面目。它有一个六角形的头和中空的“尾巴”，头的外壳是由蛋白质构成的，里面含有一种核酸，叫脱氧核糖核酸，简称 DNA。这种在空气中如同“尘埃”的微小生物，繁殖方法非常奇特。当它们接触到细菌后，首先吸附在细菌上，然后像“注射器”一样，通过尾部把 DNA 注射到细菌中，蛋白质外壳则留在细菌外面（图 5）。进入细菌内的 DNA 神通十分广大，它像孙悟空大闹天宫似的，会把细菌原有的正常生命活动，闹个天翻地覆，使细菌完全置于它的控制之下，为合成它自己的核酸和蛋白质服务。这些核酸和蛋白质便装配成许多病毒，破壁而出，然后再去侵染其它细菌。由此看来，病毒的传种接代，不靠蛋白质而靠 DNA，说明 DNA 是遗传物质。

DNA 是遗传物质，还有一个非常有力的证据。1928 年，英国有位科学家叫格里费斯在肺炎双球菌中发现一个非常奇怪的细菌转化现象。肺炎双球菌有两种类型：一种是有毒的 S 型，会

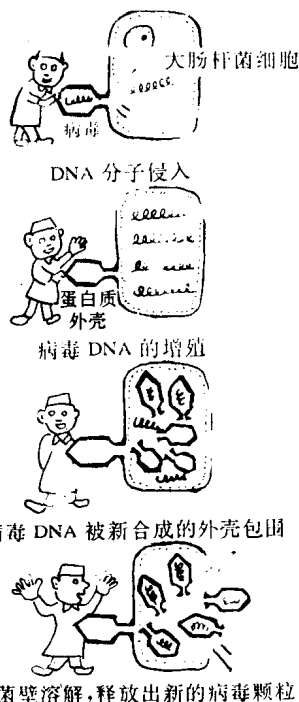


图 5 病毒繁殖过程示意图

使老鼠患肺炎而死亡；另一种是无毒的 R 型，不会使老鼠生病。格里费斯用高温杀死了有毒的 S 型细菌，再把它同活的 R 型无毒细菌混合起来，注射到老鼠体内。按理说，有毒的细菌已被杀死，活着的细菌又无毒性，老鼠不应该得病了，但出乎意料，有些老鼠竟得病死了。于是，格里费斯对死鼠进行解剖、化验。结果发现，死老鼠的血液里有许多活的 S 型有毒的肺炎双球菌。这些“神出鬼没”的有毒菌是从哪里来的？为什么死菌能“复活”呢？为什么无毒的 R 型活菌转变成了有毒的 S 型？格里费斯认为，加热杀死了的致病 S 型菌中，一定有一种物

质可以进入到活的不致病的 R 型菌中，从而改变了 R 型菌的遗传性状，使其变成 S 型的致病双球菌（图 6）。这种推测，直到 1944 年，由法国的科学家艾弗利等人的出色工作，终于揭开了这个不解之谜。

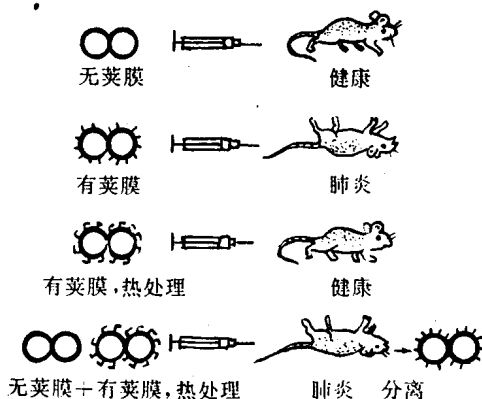


图 6 肺炎双球菌性状转化示意图

艾弗利等科学家从有荚膜（即细菌外面包着的一层糖类物质）的 S 型细菌中，分离出当时被称为“转化因素”的一种物质，加入到培养细菌的培养基中，培养没有荚膜的 R 型细菌。奇怪的是，无荚膜 R 型菌从培养基中吸取了转化因素

之后，竟长出荚膜来了（图 7），而且它的后代也都有了荚膜。经化学成分的分析证明，转化因素就是脱氧核糖核酸（DNA）。这是生物学史上第一次用实验的方法证实了核酸是遗传物质，是基因的组成成分。

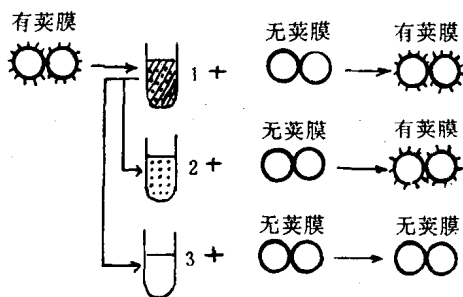


图 7 无荚膜菌加入“转化因素”
可以变为有荚膜菌

1. 细胞提取液
2. 抽提出转化因素
3. 除去了转化因素的细胞提取液

DNA 作为遗传物质的发现，使遗传学的研究进入了一个新阶段。

（三）绷带上的奇妙物质

核酸和蛋白质一样，也是生物所特有的重要的大分子物质，它在生命活动中起着重要的作用。可以毫不夸张地说，没有核酸也就没有生命。可是核酸是怎样发现的呢？这里面还有一段发现核酸的故事。

世界上第一个发现核酸的人是 24 岁的瑞士青年科学家米歇尔。米歇尔于 1868 年到德国杜宾根大学学习，在著名的生物化学家塞勒的实验室里从事细胞核组成成分的研究工作。为了要研究细胞的化学组分，首先要获得大量的实验材

料，从哪里得到许多的细胞呢？善于开动脑筋想办法的米歇尔，很快想起了外科手术绷带。他想，绷带上有许多又脏又臭的脓液，脓液中有许多白细胞，这些白细胞不就是动物细胞吗！可以作为理想的实验材料。为了得到这些细胞，他用盐水先把脓细胞从绷带上洗下来，结果发现这些细胞聚集在一起，并且膨胀成像明胶一样的东西。如果用稀的硫酸钠溶液清洗绷带，可以把细胞洗下来，并且保存很完好。于是米歇尔得到了许多白细胞。米歇尔进一步用稀盐酸处理这些细胞，成功地分离出细胞核。为从细胞核中清除蛋白质，他在稀酸溶液中加入含有胃蛋白酶的猪胃提取物，这种提取物可以消化分解蛋白质，接着米歇尔又用稀碱溶液从细胞核中抽提分离出来了一种前所未见的化合物。通过对这种化合物进行化学分析和其他性质的测定，发现这是一种过去不知道的特殊的物质。当时他把这种物质叫“核素”。事隔20年以后，随着人们进行多方面的研究，才逐渐认识了这种物质。由于它最初是从细胞核中分离出来的，又具有酸性，所以，1889年重新定名为“核酸”。从此，核酸就成了许多生物学家和化学家感兴趣和研究的对象。又过了50年，人们终于揭开了核酸是遗传物质的奥秘。可是当时又有谁知道米歇尔这个年轻人的发现竟开创了一个崭新的科学领域，使人类取得了解开生命之谜的金钥匙呢！当时又有谁能预言这个不起眼的发现竟会引起生命科学研究的一场大革命呢！让我们永远怀念青年科学家米歇尔的伟大功绩吧！